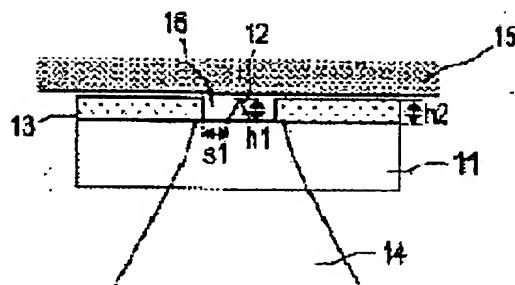


(a)



(b)

JP2001255254

NEAR-FIELD OPTICAL PROBE AND NEAR-FIELD OPTICAL MICROSCOPE

USING IT AND OPTICAL RECORDING/REPRODUCING DEVICE

HITACHI LTD

Inventor(s): MATSUMOTO TAKUYA ; SHIMANO TAKESHI ; HOSAKA
SUMIO ; ISSHIKI FUMIO

Application No. 2000073922 , Filed 20000313 , Published 20010921

Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a near-field optical probe capable of heightening light utilization efficiency, executing high-speed scanning, and reducing background light included in detected light, and its manufacturing method.

SOLUTION: A metal scatterer 12 having a shape of a circular cone or a poly-angular pyramid or a plane ellipsoid or a triangle is formed on a substrate 11, and a film 13 made of metal or dielectric or semiconductor or the like having the same film thickness as the height of the scatterer is formed on the periphery of the scatterer.

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2001-255254

(P2001-255254A)

(43)公開日 平成13年9月21日(2001.9.21)

(51)Int.Cl.⁷
G 0 1 N 13/14
13/10
G 0 2 B 3/00
5/00
5/32

識別記号

F I
G 0 1 N 13/14
13/10
G 0 2 B 3/00
5/00
5/32

テマコート(参考)
B 2 H 0 4 2
G 2 H 0 4 9
Z 5 D 1 1 9
Z

審査請求 未請求 請求項の数28 ○L (全18頁) 最終頁に続く

(21)出願番号 特願2000-73922(P2000-73922)

(71)出願人 000005108

株式会社日立製作所
東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(22)出願日 平成12年3月13日(2000.3.13)

(72)発明者 松本 拓也

東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地
株式会社日立製作所中央研究所内

(72)発明者 島野 健

東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地
株式会社日立製作所中央研究所内

(74)代理人 100075096

弁理士 作田 康夫

最終頁に続く

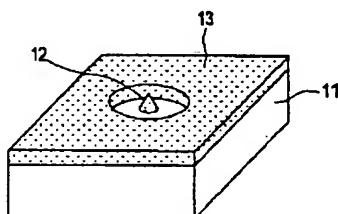
(54)【発明の名称】 近接場光プローブおよびそれを用いた近接場光学顕微鏡および光記録／再生装置

(57)【要約】

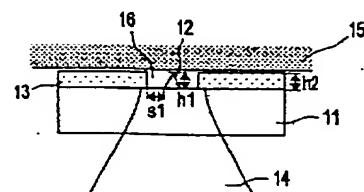
【課題】 本発明は、光利用効率が高く、高速走査が可能で、検出される光に含まれるバックグランド光が少ない近接場光プローブおよびその製造方法を提供することを目的とする。

【解決手段】 基板11の上に円錐体または多錐体または平面楕円体または三角形の形状をした金属の散乱体12を形成し、その散乱体の周辺に散乱体の高さと同じ膜厚を持つ金属または誘電体または半導体などの膜13を形成する。

図1



(a)



(b)

【特許請求の範囲】

【請求項1】基板上に、軸が基板表面と垂直な円錐または多角錐の形状をした金属の散乱体を有することを特徴とする近接場光プローブ。

【請求項2】基板上に、長軸および短軸の長さ、および厚さが光波長以下である平面楕円体の形状をした金属の散乱体を有することを特徴とする近接場光プローブ。

【請求項3】基板上に、厚さおよび頂点の曲率半径が光波長以下の三角形の形状をした金属の散乱体を有することを特徴とする近接場光プローブ。

【請求項4】前記三角形の3つの頂点の内、2つの頂点の曲率半径は残りの1つの頂点の曲率半径よりも大きいことを特徴とする請求項3記載の近接場光プローブ。

【請求項5】前記平面上三角形とその周囲の膜を接合し、接合部分した部分の穴の曲率半径は三角形の頂点の曲率半径よりも大きいことを特徴とする請求項3記載の近接場光プローブ。

【請求項6】基板上に、先が先鋭化された形状をした金属膜と任意の形状の金属膜が、先鋭化された頂点ともうひとつの金属膜の間隔が数10nmであることを特徴とする近接場光プローブ。

【請求項7】基板上に、先が先鋭化された形状をした2つの金属膜がそれぞれの頂点の間隔が数10nmであることを特徴とする近接場光プローブ。

【請求項8】前記散乱体の周辺に散乱体の高さと同じ膜厚を持つ金属膜または誘電体膜または半導体膜を有することを特徴とする請求項1から7記載の近接場光プローブ。

【請求項9】前記膜が遮光性を有し、散乱体とその周囲の膜の間隔が光波長以下であることを特徴とする請求項8記載の近接場光プローブ。

【請求項10】基板表面に深さが散乱体の高さと等しい窪みを形成し、その窪み中に金属の散乱体を形成したことを特徴とする請求項1から7記載の近接場光プローブ。

【請求項11】前記散乱体とその周囲の膜の間または基板表面に形成された窪みの間を光透過性のある材料で埋めたことを特徴とする請求項8から10記載の近接場光プローブ。

【請求項12】前記基板は半球状であることを特徴とする請求項1から11記載の近接場光プローブ。

【請求項13】前記基板上に集光素子を設けたことを特徴とする請求項1から11記載の近接場光プローブ。

【請求項14】前記集光素子はホログラフィックレンズであることを特徴とする請求項13記載の近接場光プローブ。

【請求項15】前記金属の散乱体を光共振器の端面に形成したことを特徴とする請求項1から11記載の近接場光プローブ。

【請求項16】前記金属の散乱体を半導体レーザーの出射口端面に形成したことを特徴とする請求項1から11記

載の近接場光プローブ。

【請求項17】基板側面あるいは斜めに削った基板側面に平面楕円体や三角形など先の先鋭化された形状をした金属膜を、先鋭化された頂点が試料表面に接するように形成したことを特徴とする近接場光プローブ。

【請求項18】前記基板側面に形成した金属膜を、透明な誘電体で覆ったことを特徴とする請求項17記載の近接場光プローブ。

【請求項19】請求項1から18記載の近接場光プローブを用いたことを特徴とする近接場光学顕微鏡。

【請求項20】請求項1から18記載の近接場光プローブを用いたことを特徴とする光記録/再生装置。

【請求項21】近接場光プローブに入射する光の一部を分離し、その光を近接場光発生源の横に形成した焦点位置調整用パターンに入射させ、そこからの反射光の形状を測定することにより、入射光の焦点位置の調整を行う焦点位置の自動調整方法を用いたことを特徴とする近接場光学顕微鏡および光記録/再生装置。

【請求項22】前記焦点位置調整用パターンからの戻り光を凸レンズおよび円筒レンズに入射させ、そのときのビーム形状のゆがみを測定することにより基板表面と垂直な方向の位置合わせを行う焦点位置の自動調整方法を用いたことを特徴とする請求項21記載の近接場光学顕微鏡および光記録/再生装置。

【請求項23】前記焦点位置調整用パターンとして、幅が光スポット径よりも小さい細長い溝を2本、向きが互いに直交するように形成し、入射光を3本に分け、そのうち1本が近接場光発生源に入射するようにし、残り2本が2つの溝の中心部分に入射するようにし、2つの溝からの反射光のパターンに含まれる2つの明るい部分の光量を比較することにより焦点位置合わせを行う焦点位置の自動調整方法を用いたことを特徴とする請求項21記載の近接場光学顕微鏡および光記録/再生装置。

【請求項24】カートリッジ内部に近接場光プローブが内蔵された記録ディスクを用いることを特徴とする光記録/再生装置。

【請求項25】カートリッジの隅に回転軸を有し、その回転軸にアームが取り付けられ、そのアームに近接場光プローブがサスペンションを介して取り付けられた記録ディスクを用いることを特徴とする請求項24記載の光記録/再生装置。

【請求項26】前記アームが取り付けられた回転軸に、光源および光検出器を搭載した光ヘッドが取り付けられたアームを接合させ、光ヘッドが近接場光プローブと連動して動くようにし、光ヘッドからの光がカートリッジに取り付けられた窓を通して近接場光プローブに導入されることを特徴とした請求項24記載の光記録/再生装置。

【請求項27】前記近接場光ヘッドに結びついたアームと光ヘッドと結びついたアームの接合にV溝と半球状の

突起を使ったことを特徴とする請求項25から26記載の光記録/再生装置。

【請求項28】記録層の下に金属膜層を設けた記録ディスクを用いたことを特徴とする光記録/再生装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、近接場光学顕微鏡もしくは近接場を用いた光記録/再生装置において、近接場光を発生または検出する光プローブに関する。

【0002】

【従来の技術】従来の光学顕微鏡では、光はレンズを用いて集光させる。この場合、分解能は光波長により制限される。これに対し近接場光学顕微鏡では、レンズの代わりに、寸法がナノメートルオーダーの微小構造、例えば径が光波長以下の微小開口を用いて光を集光させる。光をこの微小構造に当てるとき、その微小構造近傍には近接場光と呼ばれる局在した光が発生する。この近接場光を試料近傍に近づけ、試料表面上を走査させることにより、微小構造の寸法で決まる分解能で試料の形状や光学特性を測定することができる。近年この顕微鏡は、生体試料、半導体量子構造、高分子材料等の形状測定や分光、および高密度光記録など幅広い分野に応用され始めている。

【0003】近接場光を発生させる構造（近接場光プローブ）としては、光波長以下の微小開口をもつ先鋭化された光ファイバ（光ファイバ・プローブ）が広く用いられる。このファイバ・プローブは、光ファイバの一端を、加熱しながら引き伸ばしたり、化学エッチング法を用いることにより先鋭化した後、先端以外を金属でコートすることでより作製される。光ファイバに光を導入することにより、先端に形成された微小開口近傍に近接場光を発生させることができる。

【0004】しかし上記のファイバ・プローブは、光利用効率が低いという欠点を持つ。例えば開口径が100nmのとき、ファイバに入射する光の強度とファイバ先端から出射する光の強度の比は0.001%以下である。この問題点を克服するために、つぎのようなプローブが提案されている。（1）多段階先鋭化ファイバ・プローブ：ファイバ先端のとがり角を、根元から先端に行くにつれて2段階または3段階に変化させたファイバ・プローブ（Applied Physics Letters, (和名) アプライドフィジックスレターズ, Vol. 68, No. 19, p2612-2614, 1996; Applied Physics Letters, (和名) アプライドフィジックスレターズ, Vol. 73, No. 15, p2090-2092, 1998）。（2）金属針プローブ：STMの針をプローブとして使う。針先端に光を照射することにより、先端近傍に強い近接場光を発生させる。（特開平6-137847）（3）金属微小球つき微小開口ファイバ・プローブ：先端の微小開口の中心に金属の微小球が形成されたファイバ・プローブ（特開平11-101809、本第一発明者らにより提

案）。微小開口から出射した光により、金属微小球中にプラズモンが励起され、金属球近傍に強い近接場光が発生する。（4）金属コートされたガラス片プローブ：三角柱状に切り出したガラス片上に、厚さ50nm程度の金属膜を形成しその金属膜上に表面プラズモンを励起させる。表面プラズモンは頂点に向かい伝播し、頂点近傍には強い近接場光が発生する（Physical Review B, (和名) フィジカルレビューB, Vol. 55, No. 12, p7977-7984, 1997）。（5）金属の散乱体つきガラス基板プローブ：ガラス基板底面に金属の散乱体をつけたプローブ。金属の散乱体近傍に発生する強い近接場光を用いる（特開平11-250460）。

【0005】ところで近接場光学顕微鏡では、近接場光を発生させる微小構造と試料表面の間隔を数nm～数10nmにする必要がある。そこで、上記の光ファイバやガラス片で構成されたプローブを用いる場合、プローブ先端と試料表面の間隔を制御するための特別な制御系が必要となる。一般には、プローブ先端と試料の間に働く原子間力を用いて間隔を測定し、その測定値を使ってサーボ制御を施す。

【0006】しかし上記のサーボ制御を利用する場合、サーボ帯域に限りがあるので、プローブの走査速度には限りがある。とくに、高いデータ転送速度が要求される光記録/再生装置においては、プローブを記録ディスク上で高速に走査させる必要があり、ディスクのゆがみや傾きから生じる高い周波数の間隔変動を上記の制御法では制御しきれない。そこでこの問題を解決するために、つぎのようなプローブが提案されている。（1）平面開口プローブ：シリコン基板中に異方性エッチング用いて開口を形成したプローブ（The Pacific Rim Conference on Lasers and Electro-Optics, (和名) パシフィックリム、コンフェレンスオンレーザーアンドエレクトロオプティックス, WL2, 199）。微小開口周辺部が平坦になっているので、プローブを試料に押しつけることにより間隔を一定に保つことができる。（2）パッドつき開口プローブ：ガラス基板底面に先端に微小開口をもつ四角錐の突起を形成し、その突起周辺にパッドを形成したプローブ（特開平11-265520）。パッドによって、プローブ先端と試料の間隔が一定に保たれる。（3）金属微小チップつき面発光レーザープローブ：面発光レーザー出射口端面に金属の微小開口および金属の微小突起を形成する（応用物理Vol. 168, No. 12, p1380-1383, 1999）。構造が平坦になっているので、プローブを試料に押しつけることにより間隔を一定に保つことができる。金属の微小突起および共振器構造も持つので効率の向上も見込まれる。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】近接場光プローブの性能としてはつぎの3つの点が要求される：（1）光利用効率が高いこと、（2）高速走査が可能のこと、（3）検出される光に含まれるバックグランド光が少ないこと

光利用効率を上げるためにには、前記のようにいくつかの方法が提案されている。先端の先鋒角を多段階に変えたファイバ・プローブは一般に使われているファイバ・プローブに比べ10から100倍高い効率を持つが、10%以上の光利用効率が要求される光記録/再生など、高い効率の要求される応用にはまだ不充分である。また、光ファイバを用いているため機械的に脆く、高速走査は不可能である。金属針プローブ、金属微小球つき微小開口ファイバ・プローブ、金属コートされたガラス片プローブ、金属の散乱体つきガラス基板プローブはいずれも金属の特性を利用して効率を向上させていて、高い効率が期待できる。しかし、いずれもプローブ先端は機械的に脆い形状をしていて、高速走査には向かない。特に金属針プローブ、金属の散乱体つきガラス基板プローブは、針先端または散乱体に当たらない光も試料に入射してしまうためバックグランド光が多く検出されてしまうという問題点も持つ。

【0008】高速走査が可能なプローブも前記のようにいくつか提案されている。平面開口プローブおよびパッドつき開口プローブの場合、高速走査は可能であるが、光利用効率は小さい。金属微小突起つき面発光レーザー・プローブは高速走査で、光利用効率も高く、バックグランド光も少ないと見込まれる。ただし、金属の微小突起を使って強い近接場光を発生させるには、金属の形状を最適化する必要があるが、形状に関しては何も開示していない。また、その製造方法に関する開示していない。

【0009】本発明は、上記の3つの要求を満たす近接場光プローブ、すなわち光利用効率が高く、高速走査が可能で、検出される光に含まれるバックグランド光が少ない近接場光プローブおよびその製造方法を提供することを目的とする。特に、光波長以下の寸法を持つ金属の散乱体を用いることにより、光利用効率を向上させることを目的とし、そのための最適な散乱体の形状、およびプローブへの光の入射方法を提供することを目的とする。

【0010】

【課題を解決するための手段】本発明の近接場光プローブは基板、その上に形成された円錐体や三角形などの形状をした金属の散乱体、その散乱体の周辺に形成された散乱体の高さと同じ膜厚を持つ金属または誘電体または半導体などの膜により構成されている。金属の散乱体は強い近接場光を発生させる働きをし、その周囲の膜は、プローブを試料に近づけ高速に走査させるとき、散乱体が破損されるのを防ぐ働きをする。また、膜の材質を遮光性のあるものにし、散乱体と膜の間隔を光波長以下にすることによりバックグランド光を低減させる働きもさせることができる。散乱体の破損を防ぐためには、膜を形成することに替えて基板表面に深さが散乱体の高さと等しい窪みを形成し、その窪み中に金属の散乱体を形成

しても良い。また、散乱体破損の確率をさらに低減するために、前記散乱体とその周囲の膜の間または基板表面に形成された窪みの間を光透過性のある膜で埋めても良い。

【0011】金属の散乱体の形状は円錐、多角錐、楕円、三角形にする。散乱体の形状を三角形にする場合、三角形の3つの頂点の内、2つの頂点の曲率半径を残りの1つの頂点の曲率半径よりも大きくしても良い。また三角形の膜とその周囲の膜を接合しても良い。この場合、接合部分した部分の穴の曲率半径が三角形の頂点の曲率半径よりも大きくなるようにする。また散乱体として、平面楕円体または三角形など先の先鋒化された形状をした金属膜を基板上に形成し、その先鋒化された頂点近傍に、別の金属の膜を、頂点と金属膜の間隔が光波長以下になるように形成しても良い。特に、先の先鋒化された形状をした2つの金属膜を、先鋒化された2つの頂点の間隔が数10nm以下になるように形成すると良い。なお、散乱体として、三角形や楕円体など先の先鋒化された形状をした金属膜を使う場合、これら金属膜は基板側面に形成しても良い。

【0012】上記平面基板は入射光の集光点でのスポット径を小さくするために、半球状基板に替えてても良い。また基板上にホログラフィックレンズなど、集光素子を設けても良い。また、金属の散乱体を光共振器や半導体レーザーの出射口端面に形成しても良い。また散乱体として平面楕円体や三角形の膜を用いる場合、平面楕円体あるいは三角形の1つの頂点のみが試料表面に接するように、平面楕円体あるいは三角形の膜を、基板側面あるいは斜めに削った基板面に形成しても良い。

【0013】本発明の近接場光プローブの製造方法は、基板の上に金属または誘電体または半導体などの膜を形成する膜形成工程と、膜の上にレジスト膜を形成するレジスト塗布工程と、散乱体を形成する部分のレジスト膜を除去する露光、現像工程と、膜の一部を除去する膜のエッチング工程と、レジストの除去された部分に金属の散乱体を形成する散乱体形成工程と、レジスト膜を除去するレジスト除去工程を有することを特徴とするものである。なお、円錐状または多角錐状の散乱体を製造する場合、レジストを除去する部分の形状を直径が光波長以下の円形または1辺が光波長以下の多角錐にし、散乱体形成工程において、その円形の穴がふさがるまで厚く金属を蒸着する。また前記近接場光プローブ作製工程において、膜形成工程を除き、膜のエッチング工程に替えて、基板をエッチングする基板のエッチング工程を入れても良い。

【0014】また本発明の近接場光プローブの製造には、基板の上に金属または誘電体または半導体などの膜を形成する膜形成工程と、フォトリソグラフィなどによりその膜の一部を除去する窪み形成工程と、レジスト膜を形成するレジスト塗布工程と散乱体を形成する部分の

レジスト膜を除去する、露光、現像工程と、レジストが除去された部分に散乱体を形成する散乱体形成工程と、レジスト膜を除去するレジスト除去工程を有することを特徴とする製造方法を用いても良い。

【0015】また、前記製造工程において、膜の一部を除去する窪み形成工程に替えて、フォトリソグラフィーなどにより基板表面に直接窪みを形成する窪み形成工程を入れても良い。

【0016】また、基板上に金属膜を形成する金属膜形成工程と、その上にレジスト膜を形成するレジスト塗布工程と、散乱体を形成する部分の周囲レジストを除去する露光、現像工程と、レジストを除去した部分の金属膜を除去する金属膜のエッチング工程と、レジストを除去するレジスト除去工程を有することを特徴とする方法を用いて製造しても良い。

【0017】また、基板上にレジスト膜を形成するレジスト塗布工程と、散乱体を形成する部分の周囲のレジストを除去する露光、現像工程と、散乱体を形成する金属蒸着工程と、レジストを除去するレジスト除去工程を有することを特徴とする近接場光プローブ方法を用いて製造しても良い。

【0018】また、前記散乱体が誘電体により保護された近接場光プローブは、散乱体およびその周囲の膜を形成した後、誘電体膜を上に形成する誘電体膜形成工程と、散乱体先端が表面に出るように誘電体膜を研磨する誘電体膜研磨工程を有することを特徴とする製造方法により作製される。

【0019】なお、本発明の近接場光プローブに光を導入する際、入射光の焦点位置が散乱体の位置にくるようにする必要があるが、そのためには、近接場光プローブに入射する光の一部を分離し、その光を近接場光発生源の横に形成した焦点位置調整用パターンに入射させ、そこからの反射光の形状を測定することにより、入射光の焦点位置の調整を行うことを特徴とする焦点位置の自動調整方法を利用する。特に、基板表面と垂直な方向の位置合わせは、前記焦点位置調整用パターンからの戻り光を凸レンズおよび円筒レンズに入射させ、そのときのビーム形状のゆがみを測定することにより行い、基板表面と平行な方向の位置合わせには、焦点位置調整用パターンとして、幅が光スポット径よりも小さい細長い溝を2本、向きが互いに直交するように形成し、入射光を3本に分け、そのうち1本が近接場光発生源に入射するようにし、残り2本が2つの溝の中心部分に入射するようにし、2つの溝からの反射光のパターンに含まれる2つの明るい部分の光量を比較することにより行う。

【0020】ところで、上記近接場光プローブをディスクの交換可能な光記録/再生装置に応用する場合は、ディスク表面の汚れや傷を防ぐ必要がある。そこで、本発明の光記録/再生装置は、記録ディスクを保護するカートリッジ内部に近接場光プローブが内蔵されていること

を特徴とする。カートリッジの隅に回転軸を有し、その回転軸にアームが取り付けられ、そのアームに近接場光プローブがサスペンションを介して取り付けられ、このアームが取り付けられた回転軸に、光源および光検出器を搭載した光ヘッドが取り付けられたアームを接合させ、光ヘッドが近接場光プローブと連動して動くようにし、光ヘッドからの光がカートリッジに取り付けられた窓を通して近接場光プローブに導入される。前記近接場光ヘッドに結びついたアームと光ヘッドと結びついたアームの接合には、V溝と半球状の突起を使う。なお、散乱体として円錐や多角錐の形状をした金属の突起、または基板側面に形成した三角形や橢円など先の先鋭化された形状をした金属膜を用いる場合、分解能および効率を向上させるには、記録ディスクの記録層の下に金属膜層を設けると良い。

【0021】

【発明の実施の形態】以下本発明の具体的な実施の形態について説明する。

【0022】本発明の近接場光プローブは、図1に示すように、光透過性のある基板11、図2あるいは図3のような形状を持つ金属の散乱体12、散乱体の周囲に形成された金属、誘電体、半導体等から成る膜13より構成されている。基板11は例えば石英からなり、散乱体12は例えば金や銀よりなる。また膜13は例えば金、銀、チタンやシリコンよりなる。

【0023】散乱体12は強い近接場光を発生させる働きをする。レンズ等により集光された光14は、図1(b)に示すように基板に入射し、散乱体12に当たる。このとき、光14は散乱体12により散乱され、散乱体近傍には高い空間フーリエ周波数成分をもつ近接場光が発生する。近接場光強度は散乱体の散乱効率が高いほど大きくなるので、高い散乱効率を持つ金属の散乱体近傍には強い近接場光が発生する。

【0024】膜13は、散乱体が試料表面に衝突し破壊されることを防ぐ働きをする。したがって、膜13の厚さh1と散乱体12の高さh1は等しくさせる必要がある。なお、このように散乱体の破壊を防ぐためには、膜を形成する替わりに、図4(a)のように散乱体の高さh1と同じ深さh3だけ基板を掘り下げるにより窪み21を形成し、そこに散乱体を形成しても良い。またさらに、図4(b), (c)に示すように、膜と散乱体の間、または基板に形成したくぼみの中を誘電体22で埋めても良い。これにより、散乱体の破壊の確率がさらに減少する。

【0025】ところで、上記の膜13を形成するときは、材質を金属や半導体など遮光性のあるもの（光を反射または吸収するもの）にし、かつ散乱体12と膜の間隔S1が数100nm以下になるようにするのが望ましい。例えば材料を金やチタン、シリコンなどにし、間隔S1を50nmにすることにより膜を遮光性のあるものにすることによ

り、試料の形状や光学特性の測定および光記録/再生装置における記録マークの再生において、像や再生信号のコントラストを向上させることもできる。すなわち、光を散乱体12に当てるとき、回折限界のため光のビーム径を散乱体と同程度まで小さくすることは出来ない。したがって、光の一部は散乱されずにバックグランド光として試料15に入射する。この結果、試料に入射する光のうち低次の空間フーリエ周波数成分を持つ光の割合が大きくなり、像や再生信号のコントラストが低下してしまう。ここで、遮光性のある膜を散乱体12と膜13の距離 s_1 が光波長以下になるように形成することにより、散乱体12に当たらない光を反射または吸収させ、試料15に入射するバックグランド光の光量を低減させることができる。

【0026】なお、膜の材質が金属であるときは、散乱体と金属膜の間隔を空ける必要があるが、膜の材質が誘電体等金属以外である場合は、図4(d)のように膜23と散乱体12が接するように膜を形成しても良い。

【0027】上記散乱体12の形状は、図2(a)のように円錐、または多角錐にする。光がこの散乱体に入射すると、頂点61近傍に強い近接場光が発生する。頂点61の曲率半径、高さ h_6 および底面の幅(直径) d_1 は、例えば頂点の曲率半径を20nm、高さを100nm、底面の幅を100nmにする。頂点の曲率半径は50nm以下であれば良いが、高い分解能を得るためにには小さい方が望ましい。高さおよび底面の幅は数100nm以下であれば良いが、頂点の曲率半径、高さおよび底面の幅の比は後記のプラズモンが励起されるように調整するのが望ましい。

【0028】散乱体の形状は図2(b)のように、平面楕円体(円を含む)にしても良い。長軸および短軸の長さおよび厚さは、例えば長軸の長さを150nm、短軸の長さを50nm、厚さを40nmにする。長軸および短軸の値は数100nm以下、厚さは100nm以下であれば良いが、それらの値の比は、後記のプラズモンの励起条件に合わせるのが望ましい。光がこの平面楕円体の膜に入射すると、光の偏光方向63と平行な軸上にある平面楕円体の頂点62に強い近接場光が発生する。特に、強い近接場光を発生させるためには、光の偏光方向を楕円の長軸と平行にすることが望ましい。

【0029】また、散乱体の形状は図2(c)のように膜状の三角形70にても良い。三角形の1つの頂点64の曲率半径および厚さは、例えば頂点の曲率半径を15nm、厚さを30nmにする。頂点の曲率半径は100nm以下、厚さは100nm以下であれば良い。頂点のとがり角は後記のプラズモンの励起条件に合わせるのが望ましい。光を偏光方向63が先鋭化された頂点64を向くようにして照射すると、鋭く先鋭化された頂点64近傍に電子が集中するため、そこに強い近接場光が発生する。図5に膜状の三角形に光を入射させたとき、金属膜近傍に発生する近接場光分布をFDTD法(Journal of Optical Society of America A, Vo

1.12, No. 9, p1974-1983, 1995, (和名) ジャーナルオブオプティカルソサエティオブアメリカA) を用いて計算した結果を示す。この計算においては、図5(a)に示すように解析領域403の大きさを x, y, z それぞれの方向に $0.3 \times 0.2 \times 2.6 \mu\text{m}$ とし、三角形の膜の材質は金、膜厚=30nm、先端曲率半径=25nm、尖り角 $\theta_0=20^\circ$ とした。入射波402は波長650nmの平面波とし、その波は膜から1波長離れた位置に波源401を置くことにより発生させた($L=650\text{nm}$)。入射波の偏光方向は図中のx軸方向にした。解析領域の境界条件にはx軸、y軸に垂直な面で周期境界条件、z軸に垂直な面で吸収境界条件を用いた。金属膜と境界の間隔(L3)は1波長、波源と境界の間隔は1波長とした。メッシュ数は x, y, z それぞれの方向に $60 \times 50 \times 60$ とし、三角形膜の頂点付近で間隔が小さくなる不均一メッシュを用い、三角形膜の頂点付近でのメッシュ間隔は2.5nmとした。時間刻み幅は $1 \times 10^{-18}\text{秒}$ 、計算繰り返し回数は15000回とした。図5(b)の計算結果は近接場光強度密度(I_{near})と入射波の強度密度(I_{in})の比を表す。このように頂点64付近に強い光の場が発生し、その強度の最大値は入射光との比で約750倍となる。半幅はX, Y方向それぞれ15nm、45nmとなる。なお、金属としては他の金属を使っても良く、例えば銀の場合にも同じ強度分布が得られ、強度の最大値は入射光との比で約590倍となる。また、上記の楕円の形状をした金属膜の頂点付近の近接場光の分布も、形状が類似していることからこの結果と同様と考えられる。

【0030】ところで、上記の三角形の長さL1が光波長以下の場合(例えば $L=200\text{nm}$)、先鋭化された頂点以外の頂点65近傍にも強い近接場光が発生する。そこで三角形の長さL1を、例えば $1\mu\text{m}$ 等光波長よりも大きくし、図7(a)のように先鋭化された頂点64のみに光が当たるようにするのが望ましい。もしくは、頂点64以外の他の2点での近接場光強度を小さくするために、図2(d)のように他の2つの頂点68の曲率を大きくしても良い。この場合、三角形の長さL1は光波長以下で良い。例えば、頂点64の曲率半径が10nmであれば、頂点68の曲率半径を50nm以上、長さL1を300nm程度にする。このようにすることにより、頂点68への電子の集中の度合いが小さくなるため、そこで発生する近接場光強度は弱くなる。また、図2(e)のように三角形の形状をした散乱体70とその周囲の膜13を接合させても良い。この場合、接合部分71の曲率は頂点64の曲率半径よりも大きくすると良い。この場合も、三角形の長さL1は波長以下で良い。例えば、頂点64の曲率半径が10nmであれば、接合部分71の曲率半径を50nm以上、長さL1を300nm程度にする。

【0031】散乱体としては、図3(a)に示すように平面楕円体や三角形など先の先鋭化された形状をした金属膜81の頂点82近傍に別の金属膜83を形成したものを用いても良い。例えば頂点の曲率半径15nm、厚さ30nmの三角形の膜を形成し、長方形の形状をした厚さ30nmの膜を三角

形の頂点との間隔S2が5nmになるように形成する。三角形の頂点の曲率半径は100nm以下、厚さは100nm以下であれば良い。頂点のとがり角は後記のプラズモンの励起条件に合わせるのが望ましい。長方形の膜の厚さは三角形の膜の厚さと同じにする。間隔S2は数10nm以下であれば良いが、高い分解能を得るためにには小さい方が望ましい。入射光の偏光方向は矢印63のように頂点82を向くようにし、頂点82と膜83の間を照射する。このとき頂点82と金属膜上それぞれに分極が生じ、それらの分極が相互作用することにより、頂点82と金属膜83の間に強い近接場光が発生する。

【0032】特に金属膜83の形状は、図3(b)に示すように、金属膜81と同様に平面楕円体や三角形のように先が先鋭化された形状をした膜84であることが望ましい。それぞれの頂点82、83は互いに近接するように配置する。例えば頂点の曲率半径15nm、厚さ30nmの2つの三角形をそれぞれの頂点の間隔S1が5nmになるように形成する。それぞれの三角形の頂点の曲率半径は100nm以下、厚さは100nm以下、頂点の間隔S3は数10nm以下であれば良いが、高い分解能を得るためにには小さい方が望ましい。入射光の偏光方向は矢印63のように頂点82を向くようにする。このようにすることで、2つの金属膜それぞれに非常に大きな分極が発生するので、それらの相互作用の結果、2つの頂点の間には非常に強い近接場光が発生する。図6に対向した2つの三角形に光を入射させたとき、その金属膜近傍に発生する近接場光分布をFDTD法を用いて計算した結果を示す。この計算においては、図6(a)のように解析領域403の大きさをx, y, zそれぞれの方向に $0.3 \times 0.2 \times 2.6 \mu\text{m}$ とし、三角形の膜の材質は金、膜厚=30nm、先端曲率半径=25nm、尖り角 $\theta=20^\circ$ とした。入射波402は波長780nmの平面波とし、その波は膜から1波長離れた位置に波源401を置くことにより発生させた($L_2=780\text{nm}$)。入射波の偏光方向は図中のx軸方向にした。解析領域の境界条件にはx軸、y軸に垂直な面で周期境界条件、z軸に垂直な面で吸収境界条件を用いた。金属膜と境界の間隔(L_3)は1波長、波源と境界の間隔は1波長とした。メッシュ数はx, y, zそれぞれの方向に $60 \times 50 \times 60$ とし、三角形膜の頂点付近で間隔が小さくなる不均一メッシュを用い、三角形膜の頂点付近でのメッシュ間隔は 2.5nm とした。時間刻み幅は $1 \times 10^{-18}\text{秒}$ 、計算繰り返し回数は15000回とした。図6(b)は近接場光強度密度(I_{near})と入射波の強度密度(I_{in})の比の分布を表す。このように頂点82と85の間に強い光の場が発生し、その強度の最大値は入射光との比で約5700倍となる、半值幅はX, Y方向ともに5nmとなる。なお、金属としては他の金属を用いても良く、例えば銀の場合にも同じ強度分布が得られ、強度の最大値は入射光との比で約5500倍となる。

【0033】ところで、上記のように散乱体として、金属で形成された寸法がナノメートルオーダーの円錐体、

多角錐体、楕円や三角形の膜を用いる場合、その散乱体内部に局在プラズモンを励起することにより、その散乱体近傍に発生する近接場光強度を増大させても良い。局在プラズモンは、寸法が光波長以下の楕円体や先端曲率半径が光波長以下になるよう先鋭化された金属の突起物(円錐体の頂点および楕円や三角形の膜の頂点がこれに相当する)内に発生する電子の共鳴状態で、局在プラズモンが発生するとその金属近傍には非常に強い光の場が発生する。局在プラズモンは特定の波長の光により励起され、その共鳴波長は金属の種類、形状、励起光の偏光方向によって決まる。したがって、共鳴波長が励起光源の波長に近くなるようにこれらのパラメーターを設定するのが望ましい。たとえば散乱体の形状が球に近似できるとき、金属が金の場合、共鳴波長は520nmでその近傍の近接場光強度密度は入射光の光強度密度の30倍、金属が銀の場合、共鳴波長は350nmでその近傍の近接場光強度密度は入射光の光強度密度の480倍となる。また散乱体の形状が長軸:短軸=3:1の回転楕円体で近似できるとき、金属が金の場合、共鳴波長は650nmでその近傍の近接場光強度密度は入射光の光強度密度の6500倍、金属が銀の場合、共鳴波長は500nmでその近傍の近接場光強度密度は入射光の光強度密度の10⁵倍となる。ただし、励起光の偏光方向は、金属の形状が楕円体の場合には、楕円の長軸方向と平行と仮定した。金属の形状が球の場合には、中心対称であるので偏光方向は任意である。この計算結果から、楕円の形状をした金属膜近傍には非常に強い近接場光が発生することが分かる。円錐体や三角形の頂点の形状も近似的に長軸と短軸の長さの比が大きい楕円と考えることができるので、その形状および材質を最適化することにより、楕円と同程度の電界の増強効果が期待できる。

【0034】なお、散乱体の形状を三角形にする場合、金属膜上に表面プラズモン波が励起されるように光を照射しても良い。このためには、図7(b)に示すように、光の偏光方向が光の入射面と平行(p偏光)になるようにし、表面プラズモン波の波数k₃が入射光の波数ベクトルk₁の面方向成分k₂と一致するように入射角度q₁を調整する。例えば金属が金よりなり、膜の厚さが40nmであるとき、q₁=44.5°にする。三角形の長さl₁は例えば数μmなど光波長以上にし、光スポットの位置は金属膜上になるようにし、光の入射面の方向は、表面プラズモン波が頂点64に向かって進行するように合わせる。このようにすることで、金属膜上に生じた表面プラズモン波は先鋭化された頂点64に集まり、頂点64近傍に強い近接場光が発生する。

【0035】また、散乱体として平面楕円体や三角形など先の先鋭化された形状をした金属膜を用いる場合、図8(a)に示すように、その金属膜91を基板側面94に形成しても良い。強い近接場光の発生する頂点92は基板底面93と接するようにする、基板側面94は図8(b)に示すように

斜めに傾くようなっていても良い。この場合、底面93と垂直な方向に光14を入射させることができる。また、金属膜を保護するために、金属膜の上を透明な誘電体で覆つても良い。

【0036】上記散乱体12への収束光14の入射は、例えば図9のように行う。図9(a)の例では、光は基板付近に置かれた対物レンズ31により集光され、散乱体12に入射する。図9(b)の例では、基板32の形状を半球状にし、対物レンズ31で集光した光をその基板32に入射させる。このようにすることにより、レンズのNAを向上させることができ可能になり、焦点でのビーム径を図9(a)よりもさらに小さくすることができます。図9(c)の例では、基板上にホログラフィックレンズ等の光の収束機構33を形成し、基板に入射する平行光が散乱体12で収束するようになる。図9(d)の例では、基板を半球プリズムや直角プリズムにするなどし、収束光が散乱体12の部分の基板表面で全反射するようにする。このようにすることにより、試料に入射するバックグランド光の光量が低減される。

【0037】なお、散乱体12を光共振器の端面に形成しても良い。例えば、図10のように、基板11の上に金属膜など光反射性のある膜を形成し、つぎに誘電体など光透過性のある膜を厚さ t_4 が $t_4 \times n_4 = N \times \lambda / 2$ (n_4 :誘電体の屈折率, λ =光波長, $N=1$ 以上の整数) となるように形成する。その上に散乱体12および反射性のある膜13を形成する。このように共振器構造を作ることにより、散乱体12に入射する光の電界強度を上げることが出来るので、散乱体近傍に発生する近接場光強度を増強することができる。

【0038】また、散乱体12を図11のようにレーザー51の活性層52上のレーザー光出射口上に形成しても良い。半導体レーザーは面発光型のものであっても良い。これにより、上記共振器端面に散乱体を形成するのと同様に近接場光強度を増強することが可能になると同時に、レンズを用いる必要がなくなる。

【0039】以上のような近接場光プローブはつぎのようにして作製される。

【0040】まず、図12(a)に示すように、基板101の上に金属、誘電体、半導体などの膜102を真空蒸着器やスパッタ装置などをもちいて形成する。膜の厚さは形成する散乱体の高さと同じにする(膜形成)。

【0041】つぎに、図12(b)に示すように、膜の上にポジ型の電子線用レジスト103を塗布する。そして図12(c)に示すように、散乱体を形成する部分104を電子線露光装置を用いて露光し、現像液につけることにより除去する(露光工程)。

【0042】つぎに、図12(d)のようすに、露光された部分104の膜102を除去する。膜の除去にはエッチング溶液を用いる。例えば金属の膜を金で形成する場合、王水を用いてエッチングする。このときエッチング時間を長くすると、エッチング液がレジスト膜の下にまわり込む

で、露光された部分104よりも広い部分が除去される。このまわり込む長さ s_3 が、図1(b)における散乱体と膜の間隔 s_1 に相当する。なお膜の除去にはプラズマエッチング装置を用いても良い。ただしこの場合はまわり込んでエッチングされることないので、 s_3 は0になる。したがって、図4(d)のような散乱体と膜が接したようなプローブが作製される。

【0043】つぎに、図12(e)のようすに、真空蒸着器をもちいて金属を堆積させる。これによりレジストの除去された部分104に金属が堆積し、散乱体105が形成される(散乱体形成工程)。

【0044】最後にレジストの剥離液につける。これによりレジストおよびその上に堆積していた金属膜106が除去され、図12(f)のような散乱体105と膜102をもつプローブが出来あがる。

【0045】なお、図2(a)のような円錐形の散乱体を作製する場合は、上記露光工程においてレジストを円形に露光する(半径は光波長以下になるようにする)。この場合、上記散乱体形成工程においてレジスト膜103の上に金属膜106を堆積させる際、金属膜106の厚さが増すにしたがい、レジストに開けられた開口104内側にも金属がまわりこむため、開口の大きさが徐々に小さくなる。したがって、開口がふさがるまで金属膜の堆積をつづけることにより、図13に示すように円錐形の散乱体111を形成することができる。

【0046】なお、図4(a)や(c)のようすに基板を窪ませたところに金属の散乱体を形成するためには、はじめの膜形成工程なしに、レジストを直接基板上に塗布し、膜のエッチング工程の替わりに、基板をエッチングする基板エッチング工程を加える。この場合、もし基板として石英など導電性のないものを使う場合、電子線による露光の際、基板が帶電し作製パターンが広がってしまうのを防ぐため、レジスト塗布前に基板上に厚さ数10nm以下の導電性のある透明膜、例えばITOなどをスパッタ法や真空蒸着法を用いて形成しておく。

【0047】上記近接場光プローブはつぎのようすに作製しても良い。

【0048】まず、図14(a)に示すように、基板101の上に金属、誘電体、半導体などの膜102を真空蒸着器やスパッタ装置などをもちいて形成する。膜の厚さは形成する散乱体の高さと同じにする。

【0049】つぎに図14(b)に示すように、フォトリソグラフィーまたは電子線リソグラフィーを用いて、散乱体を形成する部分の膜123を除去する。

【0050】つぎに、図14(c)に示すように、ポジ型の電子線レジストを塗布し、図14(d)に示すように、散乱体を形成する部分125を電子線露光装置をもちいて露光する。露光後は、現像液につけることにより露光した部分125のレジストを除去する。

【0051】つぎに、図14(d)に示すように、レジスト

膜の上に金属を真空蒸着器を用いて堆積させる。これにより、レジストが除去された部分125に散乱体105が形成される。

【0052】最後に、レジストの剥離液につけることにより、レジスト膜124およびその上に形成された金属膜127を除去する。

【0053】なお、図4(a)や(c)のように基板を窪ませたところに金属の散乱体を形成するためには、はじめの膜形成工程をなくし、フォトリソグラフィーなどを用いて基板表面に直接窪みを形成する工程を加える。

【0054】また、上記近接場光プローブはつぎのように作製しても良い。

【0055】まず、図15(a)に示すように、基板101の上に金属、誘電体、半導体などの膜102を真空蒸着器やスパッタ装置などをもちいて形成する。膜の厚さは形成する散乱体の高さと同じにする。

【0056】つぎに、図15(b)に示すように、膜102の上にポジ型の電子線レジストを塗布する。そして、図15(c)に示すように、図1における散乱体12と膜13の間の部分16に相当する部分134を電子線露光装置を用いて露光する。露光後、現像液につけることにより露光した部分134のレジストを除去する。

【0057】つぎに、図15(d)に示すように、レジストの除去された部分134の膜102をエッチング溶液またはプラズマエッチングなどにより除去する。

【0058】最後に、図15(e)に示すように、レジスト膜133を除去する。

【0059】また、上記近接場光プローブはネガ型レジスト用いて、つぎのように作製しても良い。

【0060】まず、図16(a)に示すように、基板101上にネガ型レジスト141を塗布する。もし基板として石英など導電性のないものを使う場合、電子線による露光の際、基板が帶電しパターンが広がってしまうことを防ぐため、レジストを塗布する前に基板上に導電性のある透明膜、例えはITOなど(厚さは例えば数10nm)を形成しておく。

【0061】つぎに、図16(b)に示すように、電子線露光に用いることにより、図1における散乱体12と膜13の間の部分16に相当する部分142以外のレジストを除去する。

【0062】つぎに、図16(c)に示すように、金属膜を真空蒸着器を用いて堆積させる。これにより、散乱体105およびそのまわりの膜144が形成される。

【0063】最後に、図16(d)に示すように、レジスト剥離液につけることにより、レジスト膜142およびその上に堆積した金属膜143を除去する。

【0064】なお、図4(b)、(c)のように、散乱体12が誘電体22により保護された近接場光プローブはつぎのようにして作製する。

【0065】まず、図17(a)に示すように、散乱体12お

よびそのまわりの膜13の上に誘電体膜151を真空蒸着装置またはスパッタ装置を用いて形成する。

【0066】つぎに、図17(b)に示すように、散乱体12とそのまわりの膜13の間22以外を研磨剤を用いて研磨することにより除去する。研磨剤としては例え、ダイアモンドスラリー、アルミナスラリーまたはシリカスラリーを用いる。

【0067】ところで、上記近接場光プローブを試料に近づけ、試料を走査させる際、試料の凹凸によりプローブの位置が変動する。特に、光記録/再生装置に応用する場合、ディスクの傾きやゆがみによりプローブの位置が大きく変動してしまう。この結果、プローブに入射する光の位置がずれ、金属の散乱体に当たる光の量が変動してしまう。これを防ぐためには、入射光の焦点の位置がつねに金属の散乱体の位置にくるよう自動調整する機構が必要である。以下にその方法を示す。

【0068】図18に示すように、平行ビーム1600をグレーティングやウォラストンプリズムなど1604を用いてが2本以上のビームに分ける。プローブ上には、散乱体の横に焦点合わせ用のマークを設けておき、分けたビームの内1本が散乱体1609に当たり、他のビームが焦点合わせ用マークに当たるようにする。この焦点合わせ用マークに当たり反射して戻ってきた光ビームの形状を測定することにより焦点位置を調節する。

【0069】具体的には、装置はつぎのように構成する。図19(a)に示すように、散乱体1702の横に、幅が光スポット径よりも小さく、深さが $\lambda/8n$ (λ :光波長、n:基板の屈折率)の細長い溝を2本設ける(1701、1703)。この2本の溝は方向が互いに直交するようにしておく。光ビームはグレーティングやウォラストンプリズムなどを用いて3本に分け、内1本1705が散乱体1702に、他2本1704、1706が溝1701、1703の中心に当たるようにする。これら3本のビームの反射光はビームスプリッター1603で入射光と分離された後、凸レンズ1605および円筒レンズ1606を通過後、検出器1607に入射する。検出器1607は3つの受光面を持ち、図19(b)に示すように、外側の受光面の内1つ1707は4つに分割されていて、もう一方の外側の受光面1703は2つに分割されている。

【0070】基板面と平行な方向の位置合わせはつぎのように行う。受光面1707、1708、1709上の光ビームの形状は1710、1711、1712のようになる。中心のビーム1711が散乱体からの反射光で、その横のビーム1710、1712が溝からの反射光である。溝からの反射光のパターンは、溝で発生する回折光が干渉することにより、図19(b)に示すように2つの明るい部分を持つ。焦点の位置が合っている場合は、この2つの部分の明るさは互いに等しくなるが、焦点位置がずれると図19(c)に示すように、2つの部分の明るさに差が生じる。したがって、2つの部分の明るさが等しくなるように制御することにより、焦点位置を合わせることができる(検出器からの信

号が $(A+C) - (B+D) = 0$ かつ $E-F=0$ になるように制御する)。

【0071】基板面と垂直な方向の位置合わせは、例えば非点収差方式を用いてシリンドリカルレンズなど非点収差を発生させる光学部品を検出光学系に挿入し、焦点の位置が合っている場合に、検出器上に最小錯乱円が形成されるように調整しておくと、合焦時には戻り光の形状は図19(b)のように円状になる。しかし焦点の位置がずれると、戻り光は非平行光となるので、凸レンズ1605と円筒レンズ1606を通過した光の形状は図19(d)に示すように楕円状になる。したがって、ビームの形状が円になるように制御することにより、焦点位置を合わせることができる(検出器からの信号が $(A+D)-(B+D)=0$ となるように制御する)。

【0072】上記近接場プローブの光記録/再生装置への応用例を図20(a)に示す。近接場光プローブは対物レンズ、光源、検出器等を搭載した光ヘッド1802に搭載され。その光ヘッドをディスク1801に近づける。光ヘッドはキャリッジアクチュエーター1803を用いて、ディスクの半径方向に動かされる。光ヘッド内部の光学系は図20(b)のように構成する。光源には半導体レーザー1809を用い、出射光をコリメーターレンズ1810、ビーム整形プリズム1811を用いて円形の平行ビームにする。このビームは焦点合わせに使うグレーティング1812、偏光ビームスプリッタ1813、1/4波長版、ミラー1801、対物レンズ1807を通過後、近接場光プローブ1804に入射する。対物レンズの位置はアクチュエーター1808を用いて調整される。また、トラッキングのため近接場光プローブの位置を微調整するためには、アクチュエーター1806を用いる。プローブ1804はサスペンション1805に取り付けられていて、このサスペンションの力によりディスク1801に押し付けられる。プローブからの反射光は偏光ビームスプリッタ-1813により、入射光と分離され、集光レンズ1815、位置合わせ用円筒レンズ1816を通過した後、検出器1817に入射する。

【0073】以上の記録装置において、記録層は記録ディスク表面にむき出しているため、ディスク1801を光ヘッド1802から取り外して持ち運ぶ場合、ディスクにつく傷や汚れにより記録データが再生されなくなる危険性がある。これを防ぐためには、図21に示すようにディスク1801と近接場光プローブ1804をカートリッジ1900内に収納し、ディスク表面および近接場光プローブを外気と遮断すると良い。例えば図21(b)に示すように、カートリッジの角に設けた回軸にアーム1904を取り付け、そのアームにサスペンション1805および近接場光ヘッド1801を取り付ける。トラッキングは回軸1905を回転させ、アーム1904を動かすことにより行う。光源や検出器を含んだ光ヘッド本体1903はカートリッジの外に置き、光ヘッド本体からの光1902は透明な窓1901を通して、近接場光プローブ1804に導入する。このとき光1902は平行

光となるようにし、プローブに入射した光は、図9(c)のようにプローブ上に形成された集光機構をもちいて集光される。光ヘッド本体1903は回転アクチュエーター1908で駆動されるアーム1907に取り付けられており、このアームが近接場光プローブと結びついた回軸1905に接合する。これにより、光ヘッド本体と近接場光プローブは連動して動く。近接場光プローブと結びついた回軸1905と光ヘッド本体の取り付けられたアーム1907を精度良く接合させるには、図21(c)に示すようにV溝1909と半球状の突起1910を用いる。すなわち、回軸1905上部にV溝1909を取り付け、光ヘッド本体のアーム1907の下部に半球状の突起1910を取り付ける。半球状の突起1910をV溝1909に押しつけることにより、光ヘッド本体のアーム1907と回軸1905を接合させる。

【0074】なお、図2(a)のような円錐状の金属の散乱体を持ったプローブや図8のように基板側面に三角形や平面楕円体など先の先鋭化された形状をした金属膜をもったプローブを用いる場合、図22(a)や(b)に示すように、ディスク中の記録層の下に金属層を設けると良い。例えば、ディスク基板2003の上に金や銀などの金属層2001を形成し、その上に厚さ約5nmの相変化媒体などの記録膜層2000を形成する。このように、ディスク中に金属膜を形成すると、金属の散乱体12に発生する分極と金属膜中2001に発生する分極が相互作用するため、金属の散乱体先端と金属膜の間の近接場光強度が増強される。したがって効率を向上させることができる。

【0075】

【発明の効果】本発明の近接場光プローブは円錐体または多錐体または平面楕円体または三角形の形状をした金属の散乱体により近接場光を発生させるので、非常に強い近接場光を発生させることができる。また散乱体の周辺に形成された散乱体の高さと同じ膜厚を持つ金属または誘電体または半導体などの膜が形成されているので、散乱体を破壊することなくプローブを高速に走査させることができる。また、膜の材質を遮光性のあるものにし、散乱体と膜の間隔を光波長以下にすることによりバックグラウンド光を低減させることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の近接場光プローブの全体構造を示す図で、(a)斜視図、(b)断面図。

【図2】本発明の金属散乱体の形状を示す斜視図で、(a)円錐体、(b)平面楕円体、(c)三角形、(d)2つの頂点の曲率半径が残りの頂点より大きい三角形、(e)周辺のまくと接合した三角形。

【図3】本発明の金属散乱体の形状を示す斜視図で、(a)三角形の頂点近傍に金属膜が形成されたもの、(b)三角形の頂点近傍にもう一つの三角形が形成されたもの。

【図4】本発明の近接場光プローブの全体構造を示す断面図で、(a)膜を形成する替わりに基板に窪みを形成したもの、(b)散乱体と膜の間を透明な誘電体で埋めた

もの、(c) 膜を形成する替わりに基板に窪みを形成し、散乱体周辺に透明な誘電体を形成したもの、(d) 散乱体との間に間隔が開かないように誘電体の膜を形成したもの。

【図5】三角形の金属膜に光を入射したとき発生する近接場光強度分布で、(a) 計算方法、(b) 計算結果（入射光強度との比をプロットしたもの）。

【図6】対向する2つの三角形の金属膜に光を入射したとき発生する近接場光強度分布で、(a) 計算方法、(b) 計算結果（入射光強度との比をプロットしたもの）。

【図7】三角形への光の入射方法の斜視図、(a) 先端にのみ光を照射する方法、(b) 金属膜上に表面プラズモンが発生するように光を入射させる方法。

【図8】(a) 基板側面に三角形の膜を形成したプローブの斜視図、(b) 斜めに削った基板側面に三角形の膜を形成したプローブの斜視図。

【図9】本発明の近接場光プローブへの光の入射方法を示す断面図で、(a) 外部に置かれたレンズで光を集光する方法、(b) 基板を半球状にしたもの、(c) 基板状にホログラフィックレンズを形成したもの、(d) 光を全反射条件を満たすように入射させたもの。

【図10】金属の散乱体を光共振器端面に形成したもの断面図。

【図11】金属の散乱体を半導体レーザーの端面に形成したもの断面図。

【図12】近接場光ファイバプローブの製造工程を示す模式図であり、(a) 膜形成行程、(b) レジスト塗布行程、(c) 露光、現像行程、(d) 膜のエッチング行程、(e) 散乱体形成行程、(f) レジスト除去行程を示す。

【図13】円錐または多角錐の形状をした散乱体の形成方法を示す模式図。

【図14】近接場光ファイバプローブの製造工程を示す模式図であり、(a) 膜形成行程、(b) 窪み形成行程、(c) レジスト塗布行程、(d) 露光、現像行程、(e) 散乱体形成行程、(f) レジスト除去行程を示す。

【図15】近接場光ファイバプローブの製造工程を示す模式図であり、(a) 金属膜形成行程、(b) レジスト塗布行程、(c) 露光、現像行程、(d) 金属膜のエッチング行程、(e) レジスト除去行程を示す。

【図16】近接場光ファイバプローブの製造工程を示す模式図であり、(a) レジスト塗布行程、(b) 露光現像行程、(c) 金属の蒸着行程、(d) レジスト除去行程を示す。

【図17】散乱体周辺を透明な誘電体で包んだプローブの製造工程を示す模式図であり、(a) 誘電体膜形成、(b) 誘電体膜研磨行程を示す。

【図18】自動焦点位置調節方法を示す模式図である。

【図19】自動焦点位置調節方法における位置調整用マークと光ビームの関係および検出器と光ビームの関係を示す模式図であり、(a) プローブ上に形成されるマークの形状とビームの位置関係、(b) 検出器の形状および焦

点位置の合ったときの検出器上のビームの形状、(c) プローブの基板面に対し水平方向に光ビームの位置がずれたときの検出器上のビームの形状、(d) プローブの基板面に対し垂直方向に光ビームの位置がずれたときの検出器上のビームの形状を示す。

【図20】本発明の近接場光プローブを光記録/再生装置に応用したときの装置構成を示す斜視図で、(a) 全体の構成、(b) 光学系を示す。

【図21】近接場光プローブ内蔵の光ディスクカートリッジを示すものであり、(a) 全体構成を示す斜視図、(b) 断面図、(c) カートリッジ内部のアームとカートリッジ外部のアームを接合させるためのV溝と半球突起を示す斜視図。

【図22】金属膜を持つ光ディスクを使った近接場光記録/再生方法を示すものであり、(a) 円錐状の金属の散乱体を持つプローブを用いる場合の断面図、(b) 基板側面に三角形の膜を持つプローブを用いる場合の斜視図。

【符号の説明】

- 11 基板
- 12 金属の散乱体
- 13 金属、誘電体、または半導体の膜
- 14 入射光
- 15 記録ディスク
- 16 散乱体とその周囲の膜の間
- 21 基板表面に形成された窪み
- 22 散乱体周囲に形成された誘電体
- 23 誘電体の膜
- 31 集光レンズ
- 32 半球基板
- 33 グレーティングレンズ
- 34 半球プリズムまたは直角プリズム
- 41 反射膜
- 42 誘電体層
- 51 半導体レーザー
- 52 活性層
- 61 頂点
- 62 頂点
- 63 入射光の偏光方向
- 64 先鋭化された頂点
- 65 先鋭化された頂点以外の頂点
- 68 曲率半径の大きな頂点
- 70 三角形膜
- 71 頂点の曲率半径よりも大きな曲率半径をもつ接合部分
- 81 三角形または橢円の形状をした膜
- 82 頂点
- 83 金属膜
- 84 三角形または橢円の形状をした膜
- 85 頂点
- 91 三角形または橢円の形状をした膜
- 92 頂点

93基板底面
 94基板側面
 101基板
 102金属、誘電体または半導体の膜
 103レジスト
 104露光された部分
 105散乱体
 106金属の金属膜
 111円錐または多角錐の形状をした金属の散乱体
 123膜を除去することにより形成された溝
 124レジスト
 125露光された部分
 127金属膜
 133レジスト
 134露光された部分
 141レジスト
 142露光された部分
 143金属膜
 144金属膜
 151誘電体の膜
 401波源
 402入射光
 403解析領域
 1600入射光
 1601近接場光プローブ
 1602対物レンズ
 1603ビームスプリッター
 1604グレーティングまたはウォラストンプリズム
 1605凸レンズ
 1606円筒レンズ
 1607検出器
 1701焦点位置合わせようマーク
 1702散乱体
 1703焦点位置合わせようマーク
 1704光ビームの位置
 1705光ビームの位置
 1706光ビームの位置

1707四分割検出器
 1708検出器
 1709二分割検出器
 1710焦点位置合わせようマークからの戻り光のパターン
 1711散乱体からの戻り光からのパターン
 1712焦点位置合わせようマークからの戻り光のパターン
 1801記録ディスク
 1802光ヘッド
 1803キャリッジアクチュエーター
 1804近接場光プローブ
 1805サスペンション
 1806アクチュエーター
 1807対物レンズ
 1808アクチュエーター
 1809半導体レーザー
 1810コリメ?トレンズ
 1811ビーム整形プリズム
 1812グレーティングまたはウォラストンプリズム
 1813偏光ビームスプリッター
 1814四分の一波長版
 1815凸レンズ
 1816円筒レンズ
 1817検出器
 1900カートリッジ
 1901窓
 1902入射光
 1903光ヘッド本体
 1904アーム
 1905回転軸
 1906接合部
 1907アーム
 1908回転アクチュエーター
 1909V溝
 1910反球状突起
 2000記録膜層
 2001金属膜層
 2003基板。

【図10】

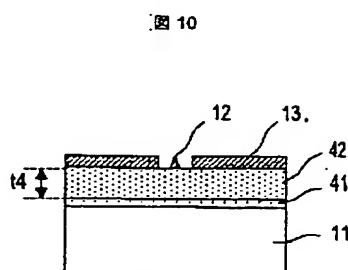


図10

【図11】

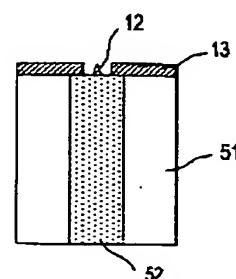
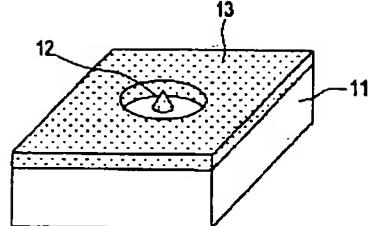
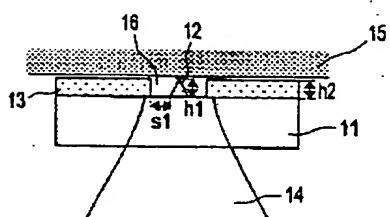


図11

【図1】

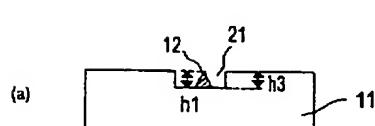


(a)

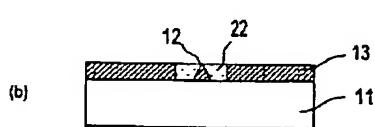


(b)

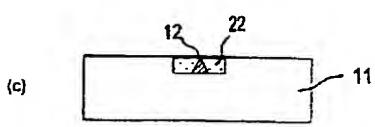
【図4】



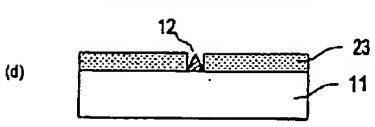
(a)



(b)



(c)

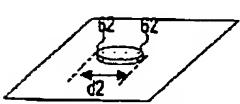


(d)

【図2】



(a)



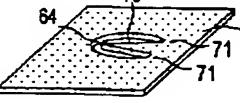
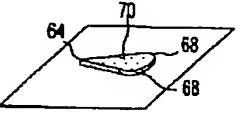
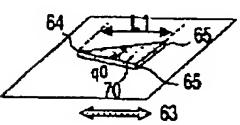
(b)

(c)

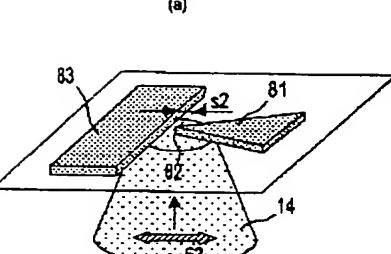
(d)

(e)

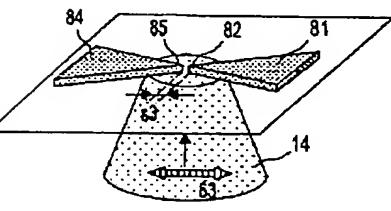
図2



【図7】



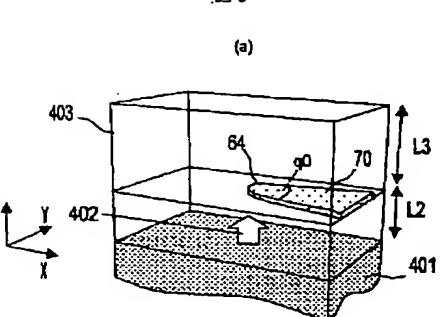
(a)



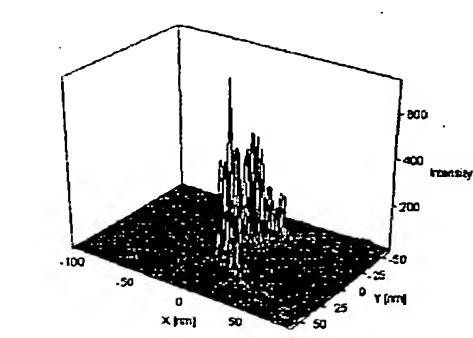
(b)



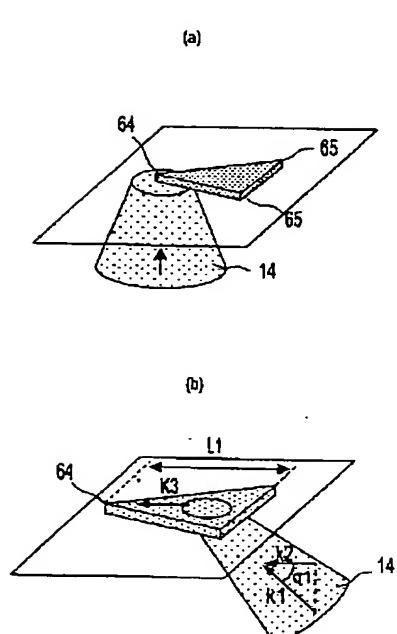
【図5】



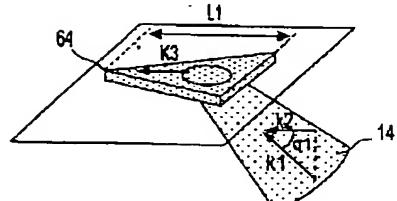
(a)



(b)



(a)

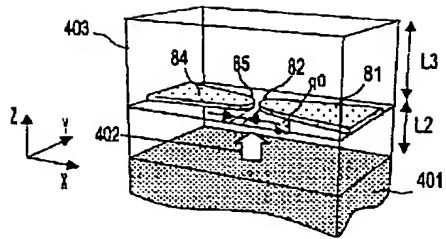


(b)

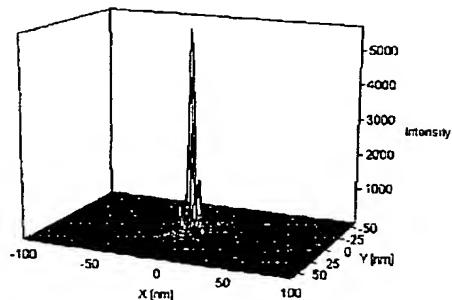
【図6】

図6

(a)



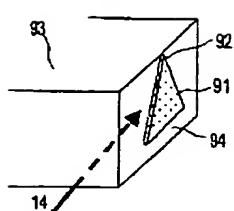
(b)



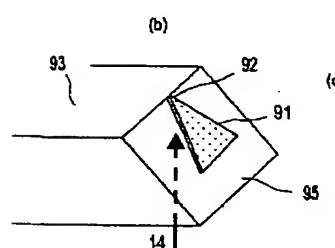
【図8】

図8

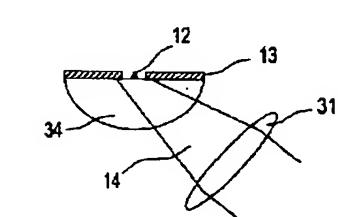
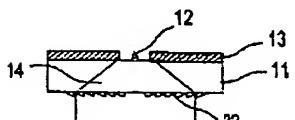
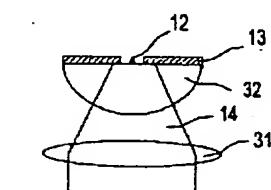
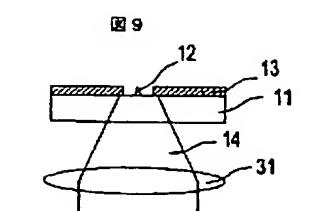
(a)



(b)



(c)



【図12】

図12

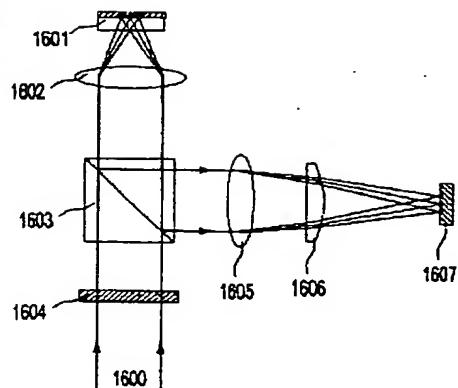
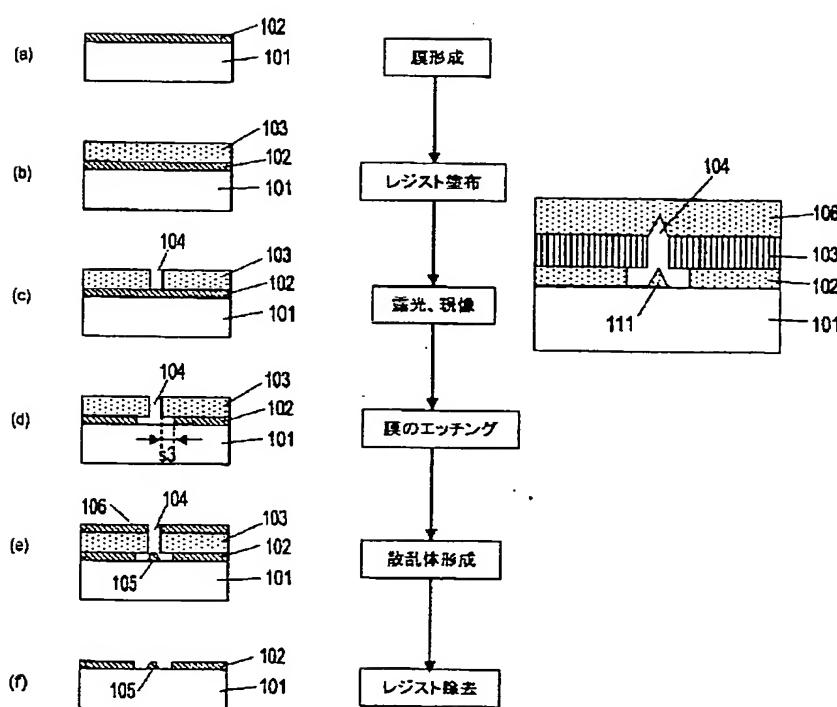
図13

【図13】

図13

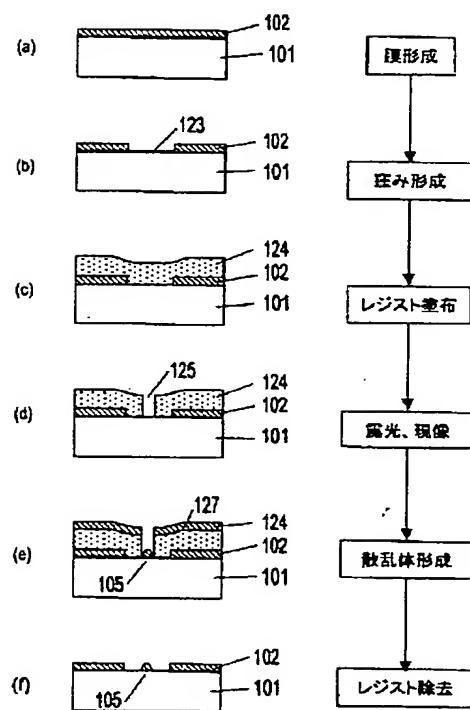
【図18】

図18



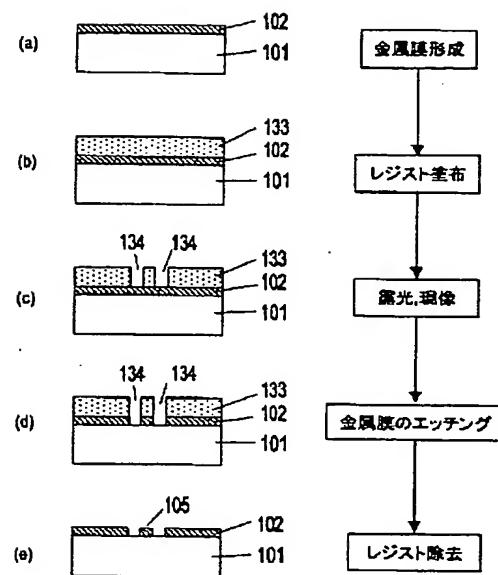
【図14】

図14



【図15】

図15

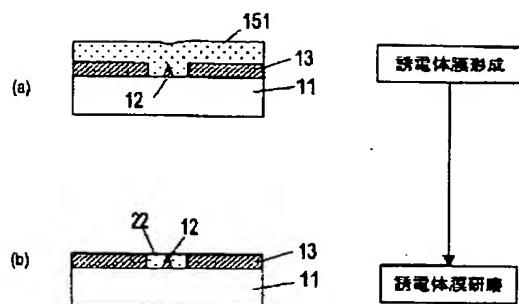
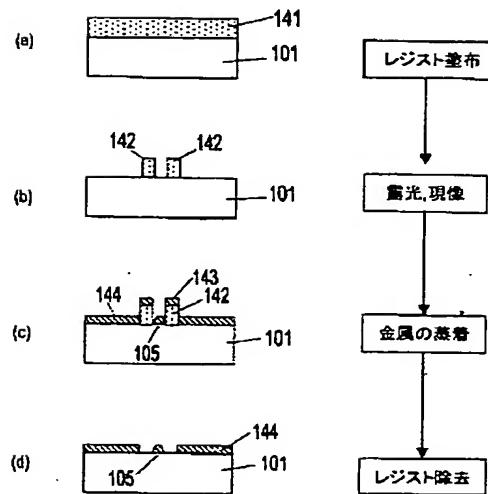


【図17】

図17

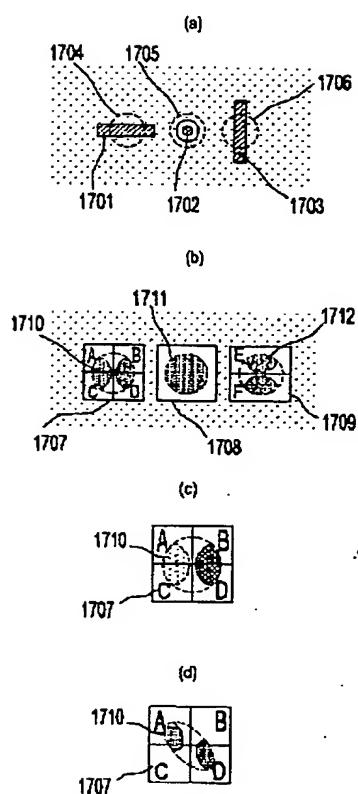
【図16】

図16



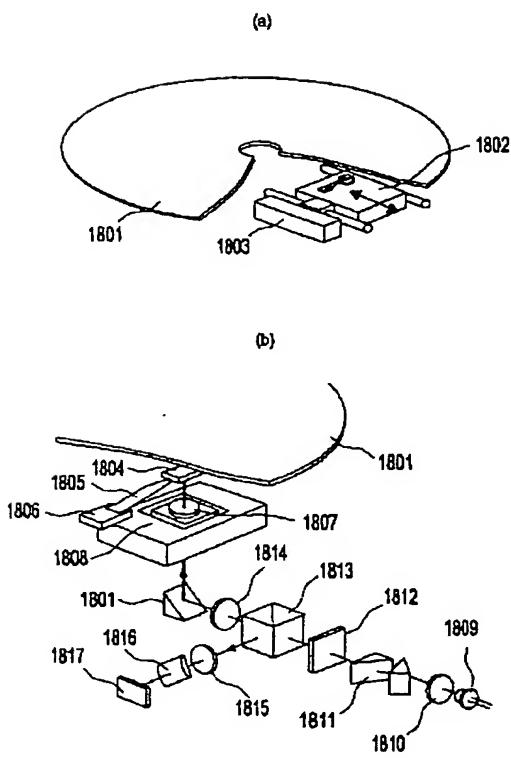
【図19】

図19



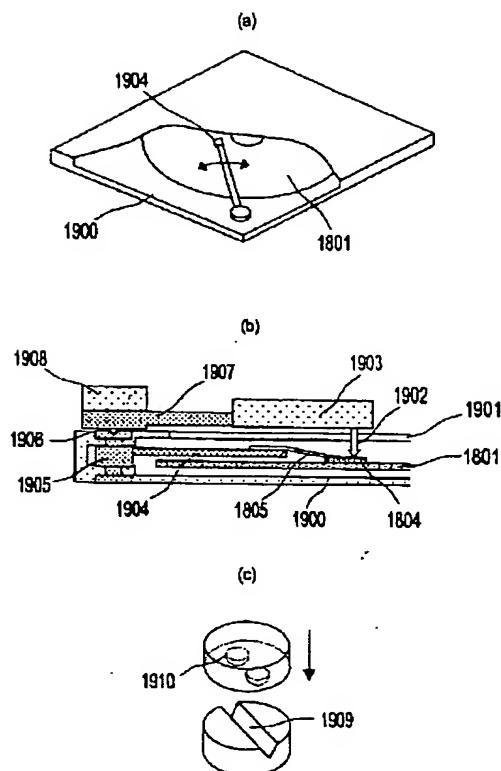
【図20】

図20



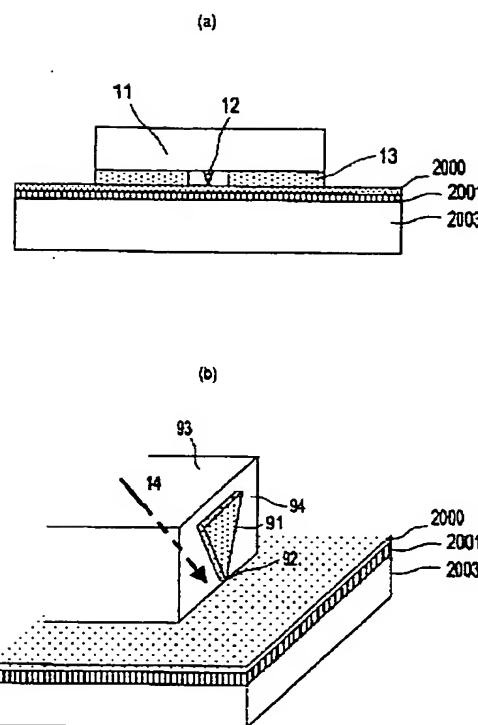
【図21】

図21



【図22】

図22



【手続補正書】

【提出日】平成13年1月18日(2001.1.18)

8)

【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】請求項6

【補正方法】変更

【補正内容】

【請求項6】基板上に、プラズモン共鳴を生じさせる、
先が先鋭化された形状をした金属膜と任意の形状の金属
膜が形成され、前記先鋭化された頂点と前記任意の形状
の金属膜の間隔が50nm以下であることを特徴とする

近接場光プローブ。

【手続補正2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】請求項7

【補正方法】変更

【補正内容】

【請求項7】基板上に、プラズモン共鳴を生じさせる、
先が先鋭化された形状をした2つの金属膜が形成され、
それぞれの頂点の間隔が50nm以下であることを特徴
とする近接場光プローブ。

フロントページの続き

(51) Int. Cl. 7

G 11 B 7/135

G 12 B 21/06

識別記号

F I

G 11 B 7/135

G 12 B 1/00

テーマコード(参考)

A

601C

(72) 発明者 保坂 純男

東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地
株式会社日立製作所中央研究所内

(72) 発明者 一色 史雄

東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地
株式会社日立製作所中央研究所内

F ターム(参考) 2H042 AA18 AA23 AA31

2H049 CA05 CA20

5D119 AA11 AA22 BA01 CA06 DA01

DA05 JA34